Number/
Numéro

1

PHOTOCOPIERS
DO THEY POSE A HEALTH HAZARD?

Canadian Centre for Occupational Health and Safety

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

250 Main St. E/250 rue Main est
Hamilton Ontario Canada L8N 1H6

P-83-1-E

PHOTOCOPIERS

DO THEY POSE A HEALTH HAZARD?

DAVID M HALTON PHD
PROJECT SCIENTIST
CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

HAMILTON, ONTARIO
APRIL, 1983

P-83-1-E

Photocopiers: Do They Pose A Health Hazard?

ISBN LISTING 0-660-11439-9

DSS CATALOGUE CC-273-2/83-1E

CCOHS IDENTIFICATION NUMBER P-83-1-E

This publication is available in both official languages.

Cette publication est disponible dans les deux langues officielles.

While the Centre endeavours to ensure the accuracy and completeness of information provided, it is understood that the Centre makes no warranty as to the accuracy or completeness of such information and assumes no liability for any damages or loss suffered as a result of any inaccuracy or incompleteness therein.

Published 1983

Additional copies available upon request.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

CONTENTS

List of Illustrations ii
Abstract, Scope and Objectives iii

I. PHOTOCOPYING PROCESSES 1

A. CURRENT PROCESSES 2
B. OLDER PROCESSES 6

II. SOURCES, NATURE AND CONTROL OF POSSIBLE HEALTH CONCERNS 7

The Photoconductor 7
Dry Toner 8
Liquid Toner 11
Silicone Oil 12
Ozone 12
Light and Ultraviolet Light 14
Noise and Heat 14
New Technology 15

III. CONCLUSIONS 16

IV. ACKNOWLEDGEMENTS 18

Glossary 19
List of References 21

ILLUSTRATIONS

1. The Production of a Charged Drum 2

2. Exposure of the Drum 3

3. Compositon of Developer Powder 3

4. Development of a Visible Image on the Drum 4

5. Transfer of the Image from the Drum to the Paper . 4

6. Fusing the Image to the Paper 5

7. A Simplified Diagram of a Dry-Toner Copier to Show the Major Components 6

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

ABSTRACT

The current technologies used in photocopying machines are briefly described. Concerns that have been raised about health and safety at each step of the copying process are discussed. Particular emphasis has been placed on the chemical components of the copying technologies.

Where appropriate, exposure controls are suggested. Recommendations are made with regard to the safety features of machines and the need to enhance the free flow of information from the manufacturers to the public.

SCOPE

This summary is intended primarily as a source of information for persons who work with or may be occupationally exposed to photocopiers. The information selected for inclusion is believed to be reliable and generally relevant to occupational health. Emphasis has been placed on possible chemical hazards since this seems to be the major concern of inquiries received by CCOHS. Other information may be available which bears on particular work situations. The scientific data in many areas is limited and may allow a variety of interpretations. Additional information, corrections, comments and questions regarding this summary or individual problems are welcomed: these should be addressed to the Manager, Inquiries Section, CCOHS.

OBJECTIVES

To briefly but accurately describe the current technology used in photocopying processes.

To explain portions of this technology which may present health concerns.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

I. PHOTOCOPYING PROCESSES

The Canadian Centre for Occupational Health and Safety has received a considerable number of inquiries regarding the possible adverse health effects arising from the use of photocopying machines.

In order to respond meaningfully to questions asked about photocopiers, the Canadian Centre has undertaken a review of the current technologies employed in photocopying. The review process consisted of:

1. A literature search.

2. Interviews with representatives of copier marketing and manufacturing organizations.

3. Visits to company sales and research facilities.

4. Discussions with individuals and labour representatives concerned about possible health effects.

5. Consultation with Canadian Government agencies.

The present technologies employed in photocopying are briefly explained. Areas where health concerns may occur in each process are discussed.

It is important to note that although the term "photocopy" is widely used, current technology does not involve any form of photography as we commonly understand it. Rather, the processes used depend upon the alignment of electrically charged particles (electrostatics) for the production of an image. Photocopiers presently used in Canada may employ one of four techniques.

Xerography
Liquid toner transfer (LTT)
Dielectric transfer
Zinc oxide treated paper

Only xerography and LTT are widely used today. Dielectric transfer and zinc oxide treated paper are older technologies which will probably disappear altogether in the next few years. For this reason they are only briefly mentioned in this document.

All processes employ the same basic principles of electrostatics for image creation, but each uses a different technique to achieve the final copy.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

2 / Photocopiers

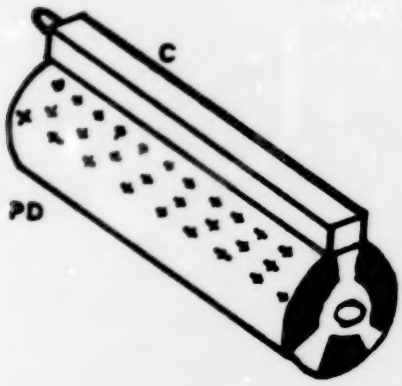
A. CURRENT PROCESSES

Xerography. Based on the pioneering efforts of Chester Carlson(1) xerography or "dry printing" was developed and introduced by the Xerox company in the 1960s. The patent was owned exclusively by Xerox until the early 1970s. After this time several other companies marketed photocopiers with only minor differences from the basic Xerox principle. Among the current vendors of xerographic copiers are: Xerox, IBM, Toshiba, AB Dick, Sharp, Mita, Van Dyck, Eastman-Kodak, Pitney-Bowes, Apeco, Royal, Dennison and Minolta.

Liquid toner transfer (LTT). This technique is actually a wet-printing process. The technology is produced and marketed by companies such as Savin, Canon and Saxon.

Stage 1: The Production of a Charged Drum

The copying process usually begins by creating a positive electric charge on the entire surface of a selenium or cadmium sulphide drum. This is achieved by rotating the drum under a charger unit which is called a corona discharge wire (Figure 1).



C - Corona Discharger

PD - Photoconductor Drum

Figure 1.

The drum retains its positive charge until it is exposed to light. The selenium or cadmium sulphide drum is referred to as the photoconductor and is the basic feature of xerographic and LTT processes. Some companies, such as IBM and Xerox, use a photoconductor belt on their machines rather than a drum.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Stage 2: Exposure of the Drum

During the drum-charging process the exposure lamps are scanning the original document on the glass plate. Light hitting the dark print on the original will not be reflected, but the white areas of the original will reflect light. The light is then focused onto the charged drum through a lens and mirror system.

EL - Exposure Lamp

ES - Electrostatic Image

L - Lens

O - Original

PD - Drum

Figure 2.

Reflected light hitting the drum will change the electrical properties of the drum surface and neutralize the charge in those areas but will leave positive charges in those regions that correspond to the dark print of the original (Figure 2). Both xerography and LTT processes are the same up to this stage.

Stage 3: Development of a Visible Image on the Drum

At this stage xerography and LTT processes differ:

Xerography. Fine particles of black developer powder are either brushed or cascaded onto the photoconductor drum. This powder is composed of small steel, silica or glass beads (97% - 99%) mixed with carbon black and a thermoplastic resin (1-3%) (Figure 3).

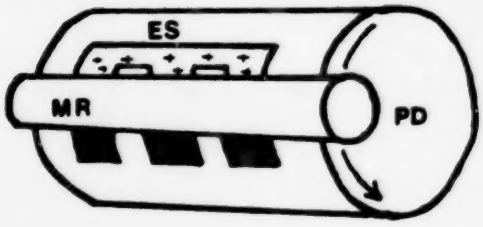
CA - Carrier Particle (+)

T - Toner Particle (-)

Figure 3.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

The small beads are known as the "carrier." The carbon black and resin are called the "toner." Toner and carrier together make up the developer. The negatively charged toner clings to the regions of the selenium drum that contain positive charges (Figure 4). The carrier is recycled in the machine.



ES - Electrostatic Image

PD - Drum

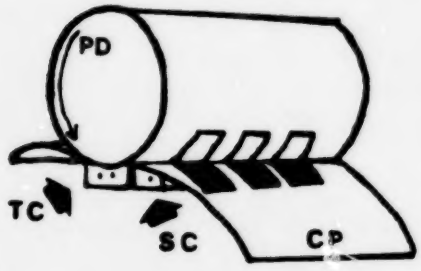
MR - Magnetic Roller

Figure 4.

Liquid toner transfer. In this instance the toner is dispersed in a hydrocarbon liquid and the photoconductor drum is rotated through the fluid. Toner particles adhere to the drum in the positively charged regions.

Stage 4: Transfer of the Image from the Drum to the Paper

Xerography. A sheet of copy paper is passed under the drum. A corona discharger attracts the toner from the drum to the copy paper (Figure 5).



CP - Copy Paper

PD - Drum

SC - Separation Discharger

TC - Transfer Discharger

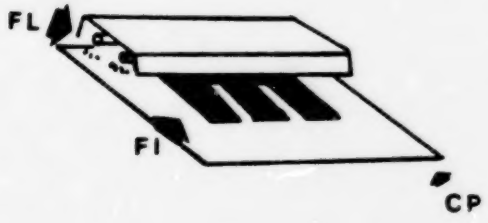
Figure 5.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Liquid toner transfer. This step is exactly the same as for xerography, except that the paper is moistened with the liquid isodecane solvent.

Stage 5: Fusing the Image to the Paper

Xerography. The resin, to which the carbon particles are attached in the toner is a low-melt plastic, and heat or pressure are used to fuse the toner to the paper. In the past copiers used radiant lamps, high-heat coils, or hot rollers. High-intensity halogen lamps are often used on the newer copiers (Figure 6).



CP - Copy Paper

FI - Fused Image

FL - Fuser Lamp

Figure 6.

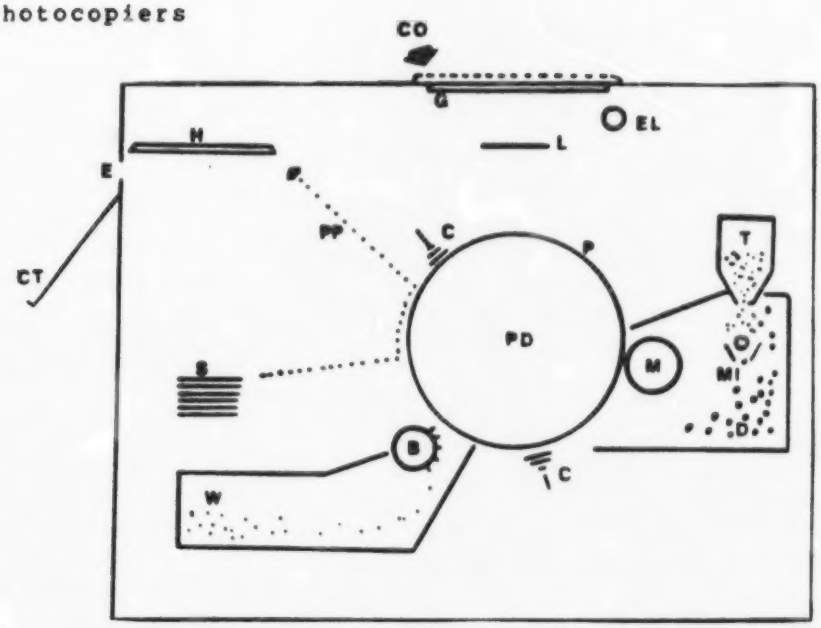
Liquid toner transfer. In the LTT process the solvent serves to affix the image to the paper; for this reason heat and/or air currents are also required to dry the paper. Some machines wet the paper considerably, while others merely moisten it.

Stage 6: Cleaning

Xerography. The drum must be cleaned of surplus toner before recharging. This is achieved by using a discharge corona to reverse the charge on the drum. The remaining toner is then lightly brushed and vacuumed into a disposable container which should be emptied regularly, either by company key operators or copier users. Many dry-toner machines now recycle the toner, thus eliminating the need for waste disposal.

Liquid toner transfer. A sponge roller and a wiper blade are usually employed to clean drums in the LTT process.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6



B	- Brush	L	- Lens
C	- Corona Discharger	M	- Magnet
CO	- Cover	MI	- Mixer
CT	- Collection Tray	P	- Photoconductor
D	- Developer	PD	- Drum
E	- Paper Exit	PP	- Paper Path
EL	- Exposure Lamp	S	- Paper Store
G	- Glass Plate	T	- Toner
H	- Heat Lamps	W	- Waste Toner

Figure 7. A simplified diagram of a dry-toner copier to show the major components.

B. OLDER PROCESSES

Dielectric transfer. This process was once manufactured and marketed only by Minolta. The company no longer produces these units though Minolta of Canada states that some are still in active use.

Zinc oxide treated paper. The zinc oxide process was developed in the early 1960s as an inexpensive alternative to the patent protected xerographic process of Xerox. In today's markets low-cost transfer copying has largely superseded the zinc oxide processes and the demand for these units is diminishing. The most common types of this copier were the Savin 215, 220 and 230. SCM also marketed copiers of this kind.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

II. SOURCES, NATURE AND CONTROL OF POSSIBLE HEALTH CONCERNS

The Photoconductor

Description. This is the thin coating of light-sensitive material which is layered on an aluminum drum, nickel belt or mylar film inside the copier. Photoconductors may be inorganic or organic. Inorganic photoconductors are based upon selenium or alloys of selenium in combination with other elements. Some examples are arsenic triselenide and cadmium sulphoselenide. Organic photoconductors used include chloro-diane blue-p-diethylaminobenzaldehyde-diphenylhydrazone (IBM); 2,4,7-trinitrofluorenone (discontinued by IBM) 1,1-Bis-(4-N,N-p-tolylaminophenyl) cyclohexane (EK) and di-m-tolyl-diphenyl biphenyl diamine (Xerox). In some machines the photoconductor drum is insulated with a plastic film which prevents contamination of the copy paper with photoconductor material. In normal photocopier usage only company key operators come into contact with the photoconductor. Spent or worn photoconductors are usually returned to the manufacturers by the service agencies. Individuals using copiers are not normally exposed to the photoconductor drum material.

Possible health concern. Selenium and cadmium compounds have both received quite extensive toxicity testing. There is little evidence to indicate that selenium is a serious toxicity hazard. Cadmium compounds on the other hand have produced tumors in animals. However, the exposure of photo-copier users to cadmium, if it occurs at all, is exceptionally small.

For a time there was concern over a photoconductor material called 2,4,7-trinitrofluorenone, more commonly known as TNF. This photoconductor was used in photocopiers marketed by the IBM company. TNF was shown to be mutagenic (causing genetic alterations) in both bacterial and animal cell test systems. A review of the use of TNF in IBM machines was carried out by the US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Their final report indicated that no TNF could be detected in the workroom air where photocopiers were operational and that the exposure of copier servicing personnel was minimal.(2) IBM in Canada is currently replacing TNF with a compound, referred to by the company as a chlorodiane blue-based photoconductor.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

IBM states that this new compound is superior to TNF in its photoconductive properties. Toxicity testing data, obtained from IBM, indicate that the components of the new photoconductor have a low acute oral, dermal and inhalation toxicity and are not mutagenic in bacterial testing systems.(3)

Dry Toner

Description. In the dry-printing xerographic process the developer is composed of minute steel, silica or ferrite beads (carrier) mixed with a low-melt polymer resin pigmented by carbon black (toner). Up to 7% of the toner may be composed of carbon black. The total developer contains only 1-3% of the toner. The proportion of carbon black in the developer is less than 0.3%.

Possible Health Concerns

Toner dust. The toner is an extremely fine powder which, when inhaled, may cause respiratory tract irritation resulting in coughing and sneezing. In some copiers small quantities of toner dust may become airborne during normal copier operation. This can occur for two main reasons:

1. Toner replacement in machines can be achieved by a containerized system in which a sealed bottle of dry toner is placed into a slot in the machine. The bottle is then twisted to break the seal. This is the best system since it minimizes contact between the employee and the toner. Toner replacement can also be achieved in a noncontainerized system by pouring the dry toner from a bottle or package into a dry toner reservoir in the machine. This is a poor feature of copier design for inevitably toner dust is spilled inside the machine and eventually becomes airborne by passing out through the vent fans into the room.

2. Within the copier, waste toner is vacuumed from the photoconductor drum into a disposable container. In some machines the photocopier is designed to automatically shut down once the waste toner container is full. Hence the waste compartment must be emptied before the copier can be used again.

In machines lacking this feature the waste toner container can fill up and cause toner to back up inside the machine. Toner dust circulates inside the machine and is released into the room air. In such machines, the waste toner compartment can be emptied by company key operators or office employees depending on the model of the machine.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

In such instances it seems preferable to have some form of waste toner disposal system that is completely containerized. In this review some employees were observed to tap waste toner into a nearby office waste basket which was then left for inhouse disposal, a practice that might unnecessarily elevate the dust levels in small rooms.

Dry toner machines, which recycle the toner, do not require waste disposal containers. Dust levels in these machines may therefore be reduced.

Carbon black impurities. The safe use of carbon black became a cause for concern when a group of Swedish scientists noticed that certain toners found in Xerox copiers had mutagenic activity (caused genetic changes) in bacterial test systems.(4) Most other makes of copiers also used this same type of carbon black. Carbon black contains a number of impurities amongst which are a group of chemicals called pyrenes. In the manufacture of toner, carbon black undergoes a nitration procedure. During this nitration, pyrenes are converted to nitropyrenes which have mutagenic properties.(5) After this problem was noticed, the manufacturers of the particular carbon black concerned adjusted their processing procedure to minimize the nitropyrene content. A number of analytical techniques are presently used to ensure good quality control in this area.(6, 7)

Commercially produced carbon blacks are manufactured under very specific conditions and should not be confused with soots which are formed from a variety of fuels during uncontrolled combustion. Soots have quite large quantities of loosely bound organic material containing potential cancer-causing chemicals. Carbon blacks on the other hand contain only 0.02 to 0.2% impurities which are tightly bound and can only be removed after many hours of extraction with special solvents. Only a minute portion of this tiny percentage may form nitropyrenes. One estimate states that currently produced carbon blacks contain, at the most, 0.15 parts per million (ppm) of nitropyrene. (In most carbon blacks produced today nitropyrenes are undetectable.) Given that only about 7% of a dry toner is carbon black, then a maximum of 0.0105 parts of nitropyrene will be present per million parts of toner, and since toner only forms 1-3% of the total developer we are talking about exceptionally tiny quantities.

Numerous studies have been carried out to determine the effects of exposure to carbon black.(8) These studies involved animal inhalation, ingestion and skin contact protocols. A number of surveys of worker populations have also been conducted. In all instances there was no evidence

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

of cancer production or unusual death rates. This comprehensive research, the minute quantities of nitropyrenes present, the minimal exposure that copier users receive, and the fact that toners no longer give mutagenic signals in bacterial test systems suggest that concerns about birth defects or cancer from carbon black in toners is unwarranted.

Polymer resin. The low-melt polymer resin varies in its composition according to the manufacturer. Among the materials used are vinyltoluene-butadiene copolymer, styrene-allylalcohol copolymer and acrylic and polyamide resins. The heat required for image fixing of the final copy is usually just sufficient to melt the resin and vapour production at this stage should not be significant. Contamination of the polymer by its component monomer units is usually less than 0.5% and is carefully monitored by the manufacturers. Animal toxicity testing of the polymers indicate that they are essentially nontoxic by inhalation, skin contact or ingestion. In normal copier operations users should not be exposed to the polymer resins.(9, 10)

Permitted exposure levels. In most Canadian jurisdictions toner dust is classified as nuisance dust. Nuisance dusts are believed to have little adverse effect on the lungs and do not produce significant organic disease or toxic effect when exposures are kept under reasonable control. A threshold limit of 10 mg/m^3 of workroom air is considered acceptable for such dusts.

Recommended Controls

1. Purchase a machine that uses a containerized toner-filling system and activates an automatic shut-off mode when the toner waste container is full.

2. Adequate servicing of the copying machine.

3. In instances where toner dust is obviously escaping into the air from the machine it may indicate that spilled toner is inside the machine or that the toner waste container needs to be emptied. In some machines it is possible to fit filters to the machine air-exit vents.

4. Spent toner from a serviced machine should be placed in sealed bags if it is left for inhouse disposal. Ideally the spent toner system should be completely containerized.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Liquid Toner

Description. In the liquid toner transfer process, the carbon black resin mixture is dispersed in a liquid solvent. The liquid dispersants are generally composed of mixtures of isoparaffinic hydrocarbons known as isodecanes. Their average chemical formula is $C_{10}H_{22}$ and they are marketed commercially under the trade name "Isopar."

Possible health concerns. The toner is contained, as a liquid, in a prepackaged cartridge that slots conveniently into the copying machine; for this reason there is less of a dust problem with LTT machines.

However, during the copying process the isodecane dispersant wets the copier paper which must then be dried. This is achieved by heating and/or blowing air across the final copy. This means that isodecane (Isopar) solvent evaporation occurs into the workroom air. Generally speaking isodecane levels produced by photocopiers are well below the Threshold Limit Value of 300 parts isodecane per million parts (ppm) of workroom air recommended by the manufacturer, but the amount of solvent produced may vary according to the make of the copier. Savin copiers have patented engineering controls to ensure that the solvent wets the paper only slightly thereby reducing the airborne concentrations of isodecane to very low levels.

Isodecanes, like many organic solvents, can produce dizziness, headache and nausea when inhaled in high concentrations. Levels of isodecane that produce these effects are unlikely to be reached in normal photocopier usage. However, in a small, poorly ventilated room, where the photocopier is in heavy demand, certain makes of copier may produce quite high levels of Isopar over a period of time.

There is one report of eye and skin irritation produced in workers using wet toner machines.(11) Unfortunately this report does not name the chemical components of the toners in question and the science used to make the association between the toner and irritation effects is exceptionally vague. The Canadian Business Equipment Manufactures Association (CBEMA) kindly clarified this point. They state "Isopar" is a known irritant and that skin or eye contact should definitely be avoided.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Permitted exposure levels. The manufacturers material safety data sheets suggest a Threshold Limit Value of 300 ppm for isodecanes. This is consistent with values established by the American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) for chemicals of a similar nature, but a specific TLV for isodecanes has not been approved by this organization.

Recommended Controls

1. Prospective buyers of an LTT machine should request the relevant "environmental data" from the companies concerned. This data should include the levels of isodecane obtained from various company models according to specified room volumes and the number of copies made per hour or day. There are some surprising differences from company to company.

2. Once a machine has been purchased the only control available is to provide adequate ventilation in the photocopier room. Increasing the number of air changes per hour in the room may be helpful (office rooms should have approximately five air changes per hour). At least one provincial government agency is recommending that a particular brand of photocopier be equipped with ducting to carry isodecane vapours outside the building.

3. Waste liquid toner should be securely capped before disposal to prevent spillage in waste baskets or evaportion into room air.

Silicone Oil

Description. After the image has been transferred to the paper it is passed between hot rollers to fuse the toner to the copy. Some machines apply silicone oil to the rollers to prevent the paper from sticking and some of this oil may remain on the finished copy.

Possible health concerns. The data reviewed indicates that silicone oil is only slightly toxic by inhalation to rats and it is mildly irritating to rabbit eyes. It is also a minimal skin irritant in rabbit testing.

Ozone

Description. Ozone is a highly reactive and unstable gas composed of three atoms of oxygen rather than the usual two. In photocopiers it is formed from the interaction of oxygen and the oxides of nitrogen in the presence of the corona discharger wire. Ozone reverts to oxygen quite rapidly particularly on contact with office furnishings.(12)

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Possible health concerns. Ozone has a pungent odour at 0.01 to 0.02 parts per million in air. The human ability to detect ozone by smell is dulled by ozone exposure.(13) At 0.25 ppm ozone can cause irritation to the eyes and upper respiratory tract. Long-term ozone inhalation exposure might occur from regular photocopier usage. The larger photocopier companies have special testing facilities to check ozone levels emitted from their machines. Xerox, for example, places its machines in a small and poorly ventilated room (1/2 an air change every hour) and assesses ozone production and decay. Xerox scientists state that even with poorly maintained machines ozone levels greater than 0.1 ppm are rarely attained.

Animal studies using much higher ozone levels and very long exposures have caused inflammation of lung tissue and ultimately scar tissue formation.(14-16) The long-term effects of very low ozone levels on humans or animals are not known. People with a history of respiratory complaints may experience breathing difficulties in the presence of ozone. There is no evidence to suggest that ozone may cause cancer or birth defects.

Two early studies of emissions from different types of photocopiers found that when they were operated in poorly ventilated rooms under normal conditions, air concentrations of ozone rose rapidly.(17, 18) Ozone emissions were higher from machines which had not recently been serviced.

Unacceptably high levels of ozone from photocopying machines were more likely to develop when outdoor levels of ozone were particularly high, as often occurs during the summer. The studies did not specify the manufacturer, model, year of manufacture nor the kind of copy process used in the machines tested. Scientists at Xerox Corporation state that they know of no correlation between external ozone levels and ozone copier problems. Three more recently conducted studies in the United States, United Kingdom and New Zealand found only very low levels of ozone were produced during photocopying operations.(19-21)

Permitted exposure levels. In most Canadian jurisdictions the Threshold Limit Value for ozone is 0.1 ppm for an eight-hour working day with permissible excursions of up to 0.3 ppm for fifteen minute intervals four times a day.

Recommended Controls

1. Environmental data obtained from the manufacturer should contain details of the quantities of ozone produced by the various copier models when operated under specified conditions.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

2. Some machines are now fitted with hopcalite filters that reduce ozone concentrations. A number of older machines can also use such filters. Details can be obtained from the manufacturer.

3. Place the photocopier in a large, well-ventilated area.

Light and Ultraviolet Light

Description - ultraviolet light. Photocopying machines use a fluorescent or halogen-type lamp to reflect an image from the original document onto the photosensitive drum. These lamps emit radiation in both the visible and ultraviolet range. In most machines the ultraviolet light does not pass beyond the glass plate on which the original is placed.

Health concerns. Exposure to ultraviolet radiation [ie. radiation with wavelengths in the range 200 - 320 nanometres, (nm)] can cause inflammation of the cornea and skin rashes.(21) Operators of photocopiers will not be exposed to this radiation range unless the glass platten is removed.

Description - blue light. Light which passes through the glass plate is in the range 350 nm to 1100 nm. Light in this range, if of sufficient intensity, may be irritating or damaging to the eyes. Prolonged exposure to light in the 400 to 500 nm range (blue light) can damage the cones (colour receptors) of the eye. Estimated operator exposure to blue light is minimal and is well below the maximal permissible exposure level.(22)

Description - visible light. Light in the visible range emitted from photocopiers does not induce epileptic seizure, but may cause some eye discomfort with persistent staring.

Recommended control. Whenever possible always close the glass plate cover while copying.

Noise and Heat

Description. Both noise and heat production vary considerably according to the manufacturer and model of the copier machine. Copiers with collating abilities can be particularly noisy and high speed copiers that are heavily used can generate considerable heat.

Health concerns. Excessive noise and heat are fatiguing, distracting, and stressful to employees. In an office environment noise levels below 45-50 decibels (dBA) are preferable.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Recommended Controls

1. Employers should give careful consideration to the location of photocopiers in relation to employee work areas to prevent unnecessary stress from the heat or noise of the machine.

2. Heat production from the machine can be dispersed by good room ventilation and air conditioning.

New Technology

The photocopying industry is highly competitive and new innovations are rapidly passing from design to marketing stages. Companies are placing great emphasis on the production of high quality copies at very high speeds. Three new technologies are worth mentioning from the point of occupational health and safety concerns.

Laser Technology

Description. Some companies are marketing a small range of electronic printers. The original documents are read and recreated using a laser beam. Although at the present time such equipment is used largely by printing companies, it is anticipated that this technology will soon become available to offices, libraries and schools. Xerox is one company that currently manufactures and markets these machines.

Health concerns. Lasers currently used in electronic copiers are of the Class I or Class II variety in the US Bureau of Radiological Health classification scheme.(23) Class I lasers are those which cannot under normal operating conditions emit a hazardous level of optical radiation. Class II lasers are those which do not have enough output power to injure a person accidentally, but which may produce retinal injury if an operator stares at the beam for a long period. Laser printers which are being marketed today have a series of interlocking safety devices that prevent operator exposure to the laser beam despite the essentially nonhazardous classification of the lasers used.

The Landa 3 Process

Description. The Landa process was developed in Israel. The technology represents an advancement of the liquid toner transfer process. The patents for the Landa process are held by the Savin Company.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Health concerns. In the past LTT processes have had the disadvantage of releasing isodecane vapours into the workroom atmosphere. The Landa 3 process will apparently not noticeably wet the copying paper with solvent so that extensive heating to dry the final copy will not be needed. This advance should greatly reduce both the isodecane and heat emissions from LTT machines.

Colour Photocopiers

Some companies are beginning to market copiers that have a colour photocopying capability. This may involve two basic changes in the ingredients of the photocopying process.

1. New dyes will be added to the toner.

2. Photoconductors will probably be made of organic material since these have a better light sensitivity range than selenium or cadmium compounds.

As colour photocopying technology evolves, careful consideration should be given to any toxic properties of these newly included compounds.

III. CONCLUSIONS

Individuals who are concerned about occupational health with regards to photocopying machines should request environmental data and material safety data sheets (MSDS) from the manufacturer before purchasing their machine.

Special attention should be given to:

1. The refilling and disposal techniques for toner in dry (xerographic) machines. Air vented from the machine into the copier room should be filtered.

2. The levels of isodecane produced by LTT machines operating at specified work loads in variously sized rooms.

3. The levels of ozone produced by any type of photo-copier operating at specified work loads in variously sized rooms. The availability of ozone filters should be explored.

4. The heat and noise levels.

5. Light intensity data should be compared. Ultraviolet light should not escape from the machine.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Considerable differences in some of these areas will be seen according to the manufacturer and model type.

With some exceptions, much of the public concern about photocopiers seems to stem from the way they are positioned in buildings, and employers could do much to alleviate employee concerns about photocopier exposure by giving careful consideration to the location of the machine in relation to employee work stations.

It is obviously unwise to place photocopying machines in small, poorly ventilated rooms, particularly if employees have to work in this room or spend several hours each day at the copier. If employees have to share space with photocopiers then the work area should be large, and well-ventilated. Copiers should produce low heat and noise and be positioned such that exhaust vents do not exit across desks or work surfaces.

For their part, the larger photocopier manufacturers seem very concerned about safety issues related to their machines, and a quite extensive series of safety requirements have to be met before a machine is marketed. This does not mean that improvements cannot be made to existing technology. For example, dry-toner machines should operate on a completely containerized system so that new toner is not spilled when refilling the machine. An automatic machine shut-off system when the waste toner compartment fills is also a desirable feature of a dry copier.

Certain makes of LTT machines seem to produce unnecessarily large amounts of isodecane and, even though these levels are below the threshold limit value, there is still considerable room for improvement.

Photocopier manufacturers are sensitive to the concerns of prospective customers with regard to the safety aspects of their machines and most companies will gladly provide material safety data sheets and environmental data on their machines. However, some manufacturers are perhaps neglectful in providing information on room sizes, ventilation requirements and ideal locations (ergonomics) for their machines. Some companies contacted by CCOHS claim that they do not have such data available, while others do not provide it to prospective buyers unless specifically requested to do so.

A frequent comment of union members was that they were unable to get information of any kind from manufacturers without making repeated requests. This problem may arise because worker concerns are often first addressed to the key operators. These personnel are generally trained only to

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

service the machines and are usually unaware of the nature of chemicals with which they work or of other occupational health and safty issues that might involve photocopying machines. Inadequate and inaccurate responses from key operators to concerned employees may be a significant factor in the generation of public anxiety about photocopying machines.

The free and speedy flow of accurate information from copier manufacturers to both employers and employees will enable balanced and careful consideration to be given to the choice of machine and its ultimate location in relation to employee work stations. This flow of information from all levels of copier manufacturing personnel to all levels of the public who use copiers might do much to alleviate public concern about photocopier exposure and would ensure a safe and low health risk usage of these convenient and valuable machines.

IV. ACKNOWLEDGEMENTS

This report was made possible by discussions and information provided by a large number of people. The Canadian Centre for Occupational Health and Safety wishes to thank concerned labour union members, Canadian Government agencies, photocopier manufacturers and basic research scientists for their contributions. The Savin Company of Canada is thanked for permitting the reproduction and use of diagrams from its basic training manual. Scientists from the Xerox Company in Webster, New York are thanked for their comments on the accuracy of this report and for permitting the author to view the Xerox toner production facilities. The comments of the Canadian Business Manufacturers Association (CBMA) were greatly appreciated. The concerns expressed by union members and other photocopier users, which formed the basis of the topics emphasized in this document, were invaluble.

The author is especially indebted to Ms Stacey Hill for her indefatigable patience in the many retypings of this manuscript.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

GLOSSARY

CARBON BLACK: The black pigment used in toner. About 3% of the toner is carbon black.

CARRIER: Small glass, silica or ferrite beads that recycle within the copier and are mixed with the added toner.

CORONA DISCHARGER: An electrical unit placed near the photoconductor drum or belt. The corona discharge can add or remove electrostatic charges.

DECIBEL: A unit of noise measurement.

DEVELOPER: Toner and carrier together in a proportion of approximately 3% to 97% respectively.

DIELECTRIC TRANSFER: An older photocopying technology which used a specially charged sensitive paper called Electrobond.

ISODECANES: Paraffin hydrocarbons used in LTT machines and marketed under the trade name Isopar.

ISOPAR: A trade name for a mixture of isoparaffin hydrocarbons known as isodecanes that are used as a dispersant for carbon black pigment in liquid toner transfer machines.

KEY OPERATOR: The company servicing agent.

LIQUID TONER TRANSFER (LTT): One of the two main photocopying technologies used today. Liquid toner is used in this process.

NITROPYRENES: Trace impurities found in carbon black and shown to alter genetic material in bacteria. Alteration of carbon black treatment processes has made nitropyrenes undetectable in the presently used product.

OZONE: A gas emitted as a result of electrical discharger activity. The gas has three atoms of oxygen, not the usual two. It is very unstable and reverts to the normal oxygen molecule quite rapidly.

PHOTOCONDUCTOR: The thin layer of inorganic (selenium, cadmium) or organic (chlorodiane blue) light-sensitive material which coats the drum or belt within the copier. Some companies use the term "photoreceptor" which means the light-sensitive compound and the drum or belt on which is based.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

POLYMER RESIN: A plastic resin mixed with carbon black in the dry toner machines.

TLV: Threshold Limit Value. An exposure limit value issued by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). It is the time-weighted average concentration for a normal 8-hour work day and a 40-hour work week, to which it is believed nearly all workers may be repeatedly exposed, day after day, without adverse effect.

TNF: Trinitrofluorenone - a photoconductor once used by IBM.

TONER: Dry - The mixture of low-melt plastic resin with carbon-black pigment (up to 7%).
Liquid - Carbon black dispersed in an isoparaffin hydrocarbon liquid, composed of isodecanes.

XEROGRAPHY: One of the two main photocopying technologies used today. Dry-toner powder is used in this process.

ZINC OXIDE: An older photocopying technology which used paper coated with light-sensitive zinc oxide.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

REFERENCES

(1) The story of xerography. (A special report adapted from the 3rd quarter, interim report to Xerox shareholders). Stanford, Conn. : Xerox Corporation, [1978]

(2) Health hazard evaluation project nos. HETA 81-125 and HETA 81-352. Cincinnati, Ohio : NIOSH, 1981

(3) A functional description and toxicological evaluation of the chlorodiane blue-based photoconductor. Scientific Report. Armonk, N.Y. : IBM Corporation, 1981

(4) Lofroth, G.; Hefner, E.; Afneim, I.; Moller, M. Mutagenic activity in photocopiers. Science. Vol. 209, no. 4460 (1980). p. 1037-1039

(5) Rozenkranz, H.S.; McCoy, E.C.; Sanders, D.R.; Butler M.; Kiriazides, D.K.; Mermelstein, R. Nitropyrenes : isolation, identification and reduction of mutagenic impurities in carbon black and toners. Science. Vol. 209 (1980). p. 1039-1043

(6) Sanders, D.R. Nitropyrenes : isolation of trace mutagenic impurities from the toluene extract of an aftertreated carbon black. In: Cooke, M.; Dennis, A.J. Chemical analysis and biological fate : polynuclear aromatic hydrocarbons. Columbus, Ohio : Battelle, 1981. p. 145-158

(7) Ciammarise, A.T.; Evans, D.L.; Butler, M.A.; Murphy, C.B.; Kiriazides, D.K.; March, D.; Mermelstein, R. Improved methodology for carbon black extraction. In: Cooke, M.; Dennis, A.J. Chemical analysis and biological fate : polynuclear aromatic hydrocarbons. Columbus, Ohio : Battelle, 1981. p. 325-334

(8) Smith, R.G.; Musch, D.C. Occupational exposure to carbon-black : a particulate-sampling study. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 43, no. 12 (1982). p. 925-930

(9) 62-2000 Copier toner. (A.B. Dick Material Safety Data Sheet). Rexdale, Ont. : A.B. Dick Company Canada, 1975

(10) Electrophotographic toner 825 Series III toner. (IBM Material Safety Data Sheet). Boulder, Col. : IBM Corporation, 1978

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(11) Jensen, M.; Roed-Petersen, J. Itching erythema among post office workers caused by a photocopying machine with wet toner. Contact Dermatitis. Vol. 5 (1979). p. 389-391

(12) Sabersky, R.H.; Sinema, D.A.; Shair, F.H. Concentrations, decay rates and removal of ozone and their relation to establishing clean indoor air. Environmental Science and Technology. Vol. 7, no. 4 (April 1973). p. 347-353

(13) Farrell, B.P.; Kerr, H.D.; Kulle, T.J.; Sauder, L.R.; Young, J.L. Adaptation in human subjects to the effects of inhaled ozone after repeated exposure. American Review of Respiratory Diseases. Vol. 19, no. 5 (1979). p. 725-730

(14) Zitnik, L.A.; Schwartz, L.W.; McQuillen, N.K.; Zee, Y.C.; Osebold, J.W. Pulmonary changes induced by low-level ozone : morphological observations. Journal of Environmental Pathology and Toxicology. Vol. 1, no. 4 (March-April 1978). p. 365-376

(15) Mustafa, M.G.; Lee, S.D. Pulmonary biochemical alterations resulting from ozone exposure. Annals of Occupational Hygiene. Vol. 19, no. 1 (1976). p. 17-26

(16) Goldstein, B.D.; Lai, L.Y.; Cuzzi-Spada, R. Potentiation of complement dependent membrane damage by ozone. Archives of Environmental Health. Vol. 28, no. 1 (1974). p. 40-42

(17) Allen, R.J.; Wadden, R.A.; Ross, E.D. Characterization of potential indoor sources of ozone. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 39, no. 6 (June 1978). p. 466-471

(18) Health Hazard Evaluation, Sperry Univac. (Report no. 76-70-367). Cincinnati, Ohio : NIOSH, 1976

(19) Hughs, D.; McIntosh, B. Ozone and photocopiers. Health and Safety at Work. Dec. (1981). p. 29

(20) Willis, A. Respiratory hazards to plain paper photocopy operators. Occupational Health. (June 1982). p. 25-29

(21) Selway, M.D.; Allen, R.J.; Wadden, R.A. Ozone production from photocopying machine. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 46, no. 1 (1980). p. 455-459

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(22) Lehman, R.; Edmunds, H.D. A procedure for evaluation of non-ionizing photocopier emissions. In: Non-ionizing radiation : proceedings of ACGIH Topical Symposium, 11/26-28/79. p. 223-232

(23) Largent, E.J.; Olishifski, J.B. Non-ionizing radiation. In: Olishifski, J.B. Fundamentals of industrial hygiene. 2nd ed. Chicago, Ill. : National Safety Council, 1979. p. 351

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Number/
Numéro

PHOTOCOPIEURS

PRESENTENT-ILS DES DANGERS POUR LA SANTE?

DAVID M HALTON PHD
SCIENTIFIQUE DE PROJET
TOXICOLOGIE
CENTRE CANADIEN D'HYGIENE ET DE SECURITE AU TRAVAIL

HAMILTON (ONTARIO)
AVRIL, 1983

Canadian Centre for Occupational Health and Safety

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

P83 - 1F
250 Main St. E/ 250 rue Main est
Hamilton Ontario Canada L8N 1H6

PHOTOCOPIEURS

PRESENTENT-ILS DES DANGERS POUR LA SANTE?

DAVID M HALTON PHD
SCIENTIFIQUE DE PROJET
TOXICOLOGIE
CENTRE CANADIEN D'HYGIENE ET DE SECURITE AU TRAVAIL

HAMILTON (ONTARIO)
AVRIL, 1983

P83 - 1F

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

PHOTOCOPIEURS: PRESENTENT-ILS DES DANGERS POUR LA SANTE?

NUMERO ISBN 0-660-91190-6

NUMERO DE CATALOGUE DSS CC273-2/83-1F

NOTRE NUMERO D'IDENTIFICATION P83-1F

This publication is available
in both official languages.

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail s'efforce de s'assurer que l'information qu'il distribue est exacte et exhaustive. Cependant il est entendu que le Centre ne se porte pas garant que ladite information est exacte et exhaustive et ne sera tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte subis par le demandeur par suite de l'utilisation d'une information inexacte ou incomplète.

Date de publication: 1983

Exemplaires supplémentaires disponibles sur demande.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

TABLES DES MATIERES

Figure ii
Résumé iii
Objet et Objectif du Rapport iv

I PROCEDES DE PHOTOCOPIE 1

A. PROCEDES ACTUELS 2
B. PROCEDES ANCIENS 6

II SOURCES, NATURE ET MESURES DE REDUCTION DES DANGERS POSSIBLES POUR LA SANTE 8

Photoconducteur 8
Poudre à imprimer sèche 9
Poudre à imprimer en suspension dans un liquide 13
Huile de silicone 15
Ozone 15
Rayonnement visible et rayonnement ultraviolet 17
Bruit et chaleur 18
Technologie nouvelle 19

III CONCLUSIONS 21

Glossaire 25
Références 27

FIGURES

1. Electrisation d'un tambour 2

2. Exposition du tambour 3

3. Composition du révélateur 4

4. Développement d'une image visible sur le tambour 4

5. Report de l'image du tambour sur le papier 5

6. Fixation de l'image sur le papier 6

7. Schéma simplifié d'un copieur à poudrage à sec montrant les principales composantes 7

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

RESUME

Nous décrivons brièvement les techniques actuelles employées dans les machines à photocopier. Nous traitons des inquiétudes qui ont été manifestées au sujet de la santé et de la sécurité à chacune des étapes du processus de copie. Nous insistons particulièrement sur les produits chimiques qui interviennent dans les techniques de copie.

Lorsque nous le jugeons nécessaire, nous proposons des mesures à prendre concernant l'exposition. Nous faisons des recommandations relatives aux caractéristiques de sécurité des machines et à la nécessité d'améliorer la libre communication d'information des fabricants au public.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

OBJET DU RAPPORT

Le présent rapport est surtout destiné à constituer une source de renseignements pour les personnes qui travaillent avec des photocopieurs ou qui peuvent être exposées à des photocopieurs en milieu professionnel. Nous croyons que les renseignements inclus dans le présent rapport sont fiables et ont trait de façon générale à la santé en milieu professionnel. Nous avons mis l'accent sur les dangers que peuvent présenter les produits chimiques car d'après les demandes de renseignements adressées au CCHST, il semble que ce soit la principale cause d'inquiétudes. D'autres renseignements ayant trait à des situations de travail particulières peuvent être fournis. Les données scientifiques dans plusieurs domaines sont limitées et peuvent donner lieu à de nombreuses interprétations. Nous vous invitons à communiquer tout renseignement additionnel, corrections, commentaires et questions ayant trait au présent résumé ou à faire part de vos problèmes particuliers. Toute information doit être adressée à l'administrateur, section des demandes d'information, CCHST.

OBJECTIFS DU RAPPORT

Décrire de façon sommaire mais précise les procédés actuels de photocopie.

Apporter des éclaircissements sur les aspects de ces procédés susceptibles de présenter des dangers pour la santé.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

I. PROCEDES DE PHOTOCOPIE

Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail a reçu un nombre considérable de demandes d'information relative aux effets néfastes pour la santé que peut entraîner l'emploi des machines à photocopier.

Afin de répondre adéquatement aux questions concernant les photocopieurs, le Centre a entrepris une étude des techniques actuelles employées en photocopie. L'étude comprenait:

1. Une recherche documentaire.

2. Des entrevues avec les représentants des organismes de commercialisation et de fabrication des photocopieurs.

3. Des visites aux départements des ventes et de la recherche.

4. Des discussions avec des particuliers et des représentants des travailleurs inquiets des effets possibles sur la santé.

5. Des consultations avec les organismes du gouvernement canadien.

Nous expliquons brièvement les procédés actuels employés en photocopie. Nous traitons pour chaque procédé des aspects qui peuvent présenter des dangers pour la santé.

Il est important de remarquer que même si l'utilisation du terme "photocopie" est très répandue, la technologie actuelle ne fait appel à aucune forme de photographie dans le sens où nous l'entendons couramment. Les procédés utilisés pour produire une image sont plutôt basés sur l'alignement de particules chargées électriquement (électrostatique). Les photocopieurs actuellement utilisés au Canada peuvent fonctionner suivant l'un des quatre procédés ci-dessous.

a. Xérographie
b. Poudrage par voie humide (PVH)
c. Report sur diélectrique
d. Papier traité à l'oxyde de zinc

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

2 / Photocopieurs

Aujourd'hui, seuls la xérographie et le PVH sont utilisés couramment. Le procédé de report sur diélectrique et le procédé au papier traité à l'oxyde de zinc sont anciens et leur emploi sera probablement abandonné d'ici quelques années. C'est pourquoi nous n'en traitons que de façon sommaire dans le présent document.

Les principes fondamentaux d'électrostatique pour la formation de l'image sont les mêmes dans tous les procédés, mais les techniques de formation de la copie finale diffèrent d'un procédé à l'autre.

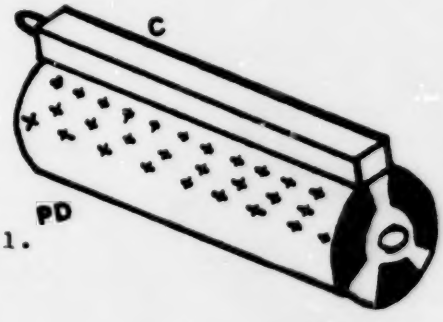
A. PROCEDES ACTUELS

Xérographie. Se basant sur les travaux de Chester Carlson (1) qui fut un pionnier dans le domaine de la photocopie, la compagnie Xerox a mis au point et introduit sur le marché dans les années 60 le procédé de xérographie ou "reproduction à sec". Le brevet était la propriété exclusive de la compagnie Xerox jusqu'au début des années 70. Par la suite, plusieurs autres compagnies ont mis sur le marché des photocopieurs dont le principe ne différait que légèrement du principe de base de la Xerox. Parmi les vendeurs actuels de copieurs xérographiques, on peut mentionner: Xerox, IBM, Toshiba, A.B. Dick, Sharp, Mita, Van Dyck, Eastman-Kodak, Pitney-Bowes, Apeco, Royal, Dennison et Minolta.

Poudrage par voie humide (PVH). Ce procédé est en réalité un procédé de reproduction par voie humide. La technologie est mise au point et commercialisée par des compagnies comme Sabin, Canon et Saxon.

Etape 1: Electrisation d'un tambour

La première étape du processus de photocopie consiste habituellement à créer une charge électrique positive sur toute la surface d'un tambour de sélénium ou de sulfure de cadmium. Cette opération est réalisée en faisant tourner le tambour sous un dispositif de charge appelé fil à effluves (figure 1).



C - Dispositif à effluves

PD - Tambour photoconducteur

Figure 1.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Le tambour conserve sa charge positive jusqu'à ce qu'il soit exposé à la lumière. Le tambour de sélénium ou de sulfure de cadmium est appelé le photoconducteur et il constitue l'élément de base des procédés xérographiques et PVH. Certaines compagnies, comme IBM et Xerox, utilisent dans leurs machines une courroie photoconductrice au lieu d'un tambour.

Etape 2: Exposition du tambour

Pendant le processus d'électrisation du tambour, les lampes d'exposition balaient l'original placé sur la plaque de verre. Les zones noires de l'original ne réfléchissent pas la lumière mais les zones blanches la réfléchissent. Un système composé d'une lentille et d'un miroir fait ensuite converger la lumière sur le tambour chargé.

EL - Lampe d'exposition

ES - Image électrostatique

L - Lentille

O - Original

PD - Tambour

Figure 2.

La lumière réfléchie modifie les propriétés électriques de la surface du tambour et neutralise la charge dans les zones qu'elle frappe, mais la charge reste positive dans les zones du tambour qui correspondent aux zones noires de l'original (figure 2). Jusqu'ici, le procédé xérographique et le procédé PVH sont identiques.

Etape 3: Développement d'une image visible sur le tambour

A ce stade, le procédé xérographique et le procédé PVH diffèrent:

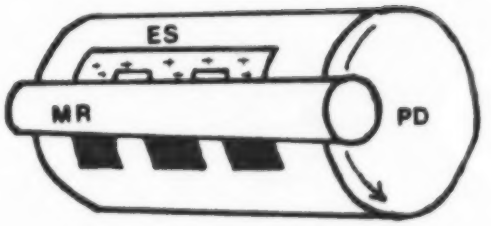
Xérographie. Les fines particules de poudre noire du révélateur sont appliquées sur le tambour photoconducteur soit à l'aide d'une brosse soit en cascade. Cette poudre est composée de petits grains d'acier, de silice ou de verre (97 - 99 %) mélangés avec du noir de carbone et une résine thermoplastique (1 - 3 %) (figure 3).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

CA - Particule du véhiculeur (+)

T - Particule de poudre à imprimer (-)

Figure 3.



ES - Image électrostatique

PD - Tambour

MR - Brosse magnétique

Figure 4.

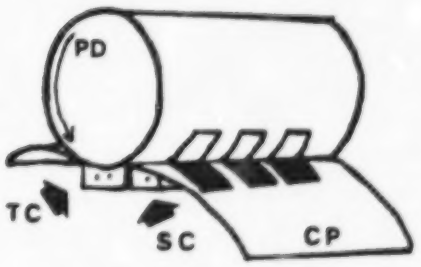
Les petits grains forment le "véhiculeur". Le noir de carbone et la résine constituent la "poudre à imprimer". La poudre à imprimer et le véhiculeur forment le révélateur. La poudre à imprimer chargée négativement adhère aux zones du tambour de sélénium qui portent des charges positives (figure 4). Le véhiculeur est recyclé dans la machine.

Poudrage par voie humide. Dans ce cas, la poudre à imprimer est dispersée dans un hydrocarbure liquide dans lequel on fait tourner le tambour photoconducteur. Les particules de poudre à imprimer adhèrent aux zones du tambour qui portent une charge positive.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Etape 4: Report de l'image du tambour sur le papier

Xérographie. On fait passer une feuille de papier pour copie sous le tambour. Un dispositif à effluves attire la poudre à imprimer du tambour vers la feuille (figure 5).



CP - Feuille pour copie

PD - Tambour

SC - Dispositif d'élimination de la charge du tambour

TC - Dispositif de transfert de la charge du tambour au papier

Figure 5.

Poudrage par voie humide. Cette opération est identique à celle du procédé xérographique, sauf que le papier est mouillé avec le solvant d'isodécane liquide.

Etape 5: Fixation de l'image sur le papier

Xérographie. La résine, à laquelle les particules de carbone sont fixées dans la poudre à imprimer utilisée dans les procédés de copie par report, est un plastique à bas point de fusion, et on utilise la chaleur ou la pression pour fixer la poudre sur le papier. Les anciens copieurs comprenaient des lampes à rayons infrarouges, des bobines à fort dégagement de chaleur ou des rouleaux chauffants. Les nouveaux copieurs comprennent habituellement des lampes à halogène à haute intensité (figure 6).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

CP - Peuille pour copie

SI - Image fixée

FL - Lampe pour fixation de l'image

Figure 6.

Poudrage par voie humide. Dans le procédé PVH, le solvant sert à fixer l'image sur le papier; c'est pourquoi il faut aussi utiliser de la chaleur et/ou des courants d'air pour sécher le papier. Dans certaines machines, le papier est fortement mouillé alors que dans d'autres il l'est à peine.

Etape 6: Nettoyage

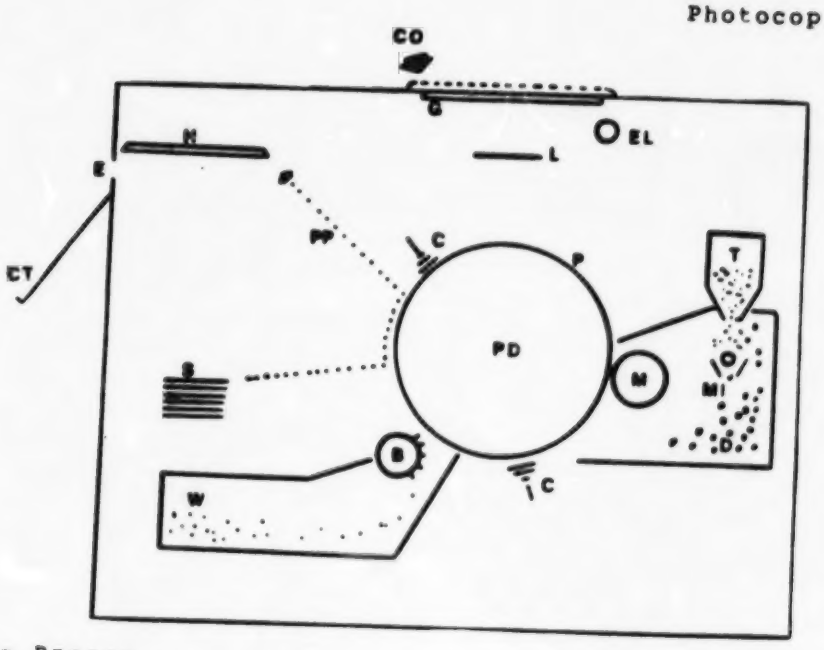
Xérographie. Il faut enlever l'excès de poudre à imprimer du tambour avant de l'électriser de nouveau. Cette opération s'effectue à l'aide d'un dispositif à effluves qui inverse la charge sur le tambour. La poudre qui reste est ensuite brossée immédiatement et aspirée dans un contenant jetable qu'il faut vider régulièrement. L'agent technique de la compagnie ou l'utilisateur doit se charger de cette tâche. Dans de nombreuses machines à poudrage à sec, il y a maintenant recyclage de la poudre, ce qui dispense de la nécessité d'éliminer les résidus.

Poudrage par voie humide. On utilise habituellement un rouleau en éponge et un balai d'essuie-glace pour nettoyer les tambours dans les machines à poudrage par voie humide.

B. ANCIENS PROCEDES

Report sur diélectrique. Seule la compagnie Minolta a déjà fabriqué et mis sur le marché des machines utilisant ce procédé. Elle ne les fabrique plus aujourd'hui, mais Minolta du Canada précise que certaines de ces machines sont encore utilisées.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6



B - Brosse
C - Dispositif à effluves
CO - Couvercle
CT - Plateau de réception
D - Révélateur
E - Sortie du papier
EL - Lampe d'exposition
G - Plaque de verre
H - Lampes à rayons infrarouges
L - Lentille
M - Aimant
MI - Mélangeur
P - Photoconducteur
PD - Tambour
PP - Cheminement du papier
S - Magasin d'alimentation en papier
T - Poudre à imprimer
W - Résidu de poudre à imprimer

Figure 7. Schéma simplifié d'un photocopieur à poudrage à sec représentant les principales composantes.

Papier traité à l'oxyde de zinc. Le procédé à l'oxyde de zinc a été mis au point au début des années 60 en tant que procédé peu dispendieux permettant de remplacer le procédé xérographique de la compagnie Xérox, qui était protégé par un brevet. Aujourd'hui les procédés bon marché de copie par report remplacent en grande partie les procédés à l'oxyde de zinc, et la demande pour ces derniers diminue. Les principaux copieurs qui utilisaient ce procédé étaient les Savin 215, 220 et 230. La SCM a également mis sur le marché des copieurs de ce type.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

II.SOURCES, NATURE ET MESURES DE REDUCTION DES DANGERS POSSIBLES POUR LA SANTE

Photoconducteur

Description. Le photoconducteur est la mince couche de matériau sensible à la lumière qui revêt un tambour d'aluminium, une courroie en nickel ou une pellicule de Mylar à l'intérieur du copieur. Il peut être inorganique ou organique. Les photoconducteurs inorganiques sont à base de sélénium ou d'alliages de sélénium combinés à d'autres éléments, par exemple le triséléniure d'arsenic et le sulfoséléniure de cadmium. Parmi les photoconducteurs organiques, on peut mentionner le chlorodiane du bleu de p-diéthylaminobenzaldéhyde

diphenylhydrazone (IBM), le trinitro -2,4,7 fluorénone (n'est plus utilisé par IBM), le Bis - (N, N - p - tolylamino - 4 phenyl) - 1, 1 cyclohexane (EK) et le di-(m-tolyl) diphenyl biphényldiamine (Xerox). Dans certaines machines, le tambour photoconducteur est isolé au moyen d'une pellicule de plastique qui empêche la contamination du papier de copie par le matériau photoconducteur. Dans l'emploi normal des photocopieurs, seuls les agents techniques de la compagnie manipulent le photoconducteur. Les photoconducteurs usés sont normalement retournés au fabricant par les organismes qui assurent l'entretien. Les particuliers qui emploient les copieurs ne sont pas normalement exposés au matériau du tambour photoconducteur.

Danger possible pour la santé. Les composés de sélénium et de cadmium ont tous deux fait l'objet d'essais de toxicité très poussés. D'après les résultats il est peu probable que le sélénium présente un niveau de toxicité élevé. Les composés du cadmium, par contre, ont produit des tumeurs chez les animaux. Cependant, l'exposition au cadmium des utilisateurs de photocopieurs est extrêmement faible, et peut-être même inexistante.

Pendant un certain temps, on manifestait certaines inquiétudes face à un matériau photoconducteur appelé le trinito -2,4,7 fluorénone, plus communément connu sous le nom de TNF. Ce photoconducteur était utilisé dans les photocopieurs fabriqués par la compagnie IBM. On a démontré dans des systèmes d'analyse de bactéries et de cellules animales que le TNF est un mutagène (provoque des modifications génétiques). Le US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) a effectué une étude sur l'utilisation du TNF dans les machines IBM. Le

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

rapport final de l'étude indiquait qu'on ne pouvait détecter aucune quantité de TNF dans l'air de la salle où on faisait fonctionner les photocopieurs, et que l'exposition du personnel assurant l'entretien des copieurs était minimale (2). Au Canada, IBM remplace actuellement le TNF par un composé qu'il appelle un photoconducteur à base de bleu de chlorodiane. Selon la compagnie, ce nouveau composé a des propriétés photoconductrices supérieures à celles du TNF. D'après les données des essais de toxicité obtenues d'IBM, les constituants du nouveau photoconducteur provoquent une faible toxicité aigue par voie orale, dermique et respiratoire, et ils ne sont pas mutagènes dans les systèmes d'analyse de bactéries (3).

Poudre à imprimer sèche.

Description. Dans le procédé xérographique d'impression à sec, le révélateur est composé de menus grains d'acier, de silice ou de ferrite (véhiculeur) mélangés à une résine polymérique à bas point de fusion renfermant des pigments de noir de carbone (poudre à imprimer). Le noir de carbone peut constituer jusqu'à 7 % de la poudre à imprimer. Le révélateur dans son ensemble contient seulement 1 à 3 % de poudre à imprimer. La proportion de noir de carbone dans le révélateur est inférieure à 0,3 %.

Dangers possibles pour la santé

Poussière de poudre à imprimer. La poudre à imprimer est extrêmement fine et, lorsqu'elle est inhalée, elle peut provoquer l'irritation des voix respiratoires, ce qui entraîne la toux et l'éternuement. Dans certains copieurs, de faibles quantités de poussière de poudre à imprimer peuvent passer en suspension dans l'air pendant le fonctionnement normal de la machine, pour deux raisons principales:

1. Le remplacement de la poudre à imprimer peut se faire au moyen de bouteilles scellées de poudre sèche que l'on introduit dans une fente de la machine et que l'on tourne ensuite pour briser le joint d'étanchéité. Ce système est le plus sûr car il réduit au minimum les possibilités de contact de l'employé avec la poudre à imprimer. Le remplacement peut aussi se faire en versant la poudre sèche d'une bouteille ou d'un emballage dans le bac prévu à cet

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

effet. Ce procédé est un point faible de la conception du copieur car on ne peut éviter de répandre de la poussière de poudre à imprimer à l'intérieur de la machine, et cette poussière passe éventuellement en suspension dans l'air de la pièce après s'être échappée par les orifices de ventilation de la machine.

2. A l'intérieur du copieur, la poudre à imprimer en excès est aspirée du tambour photoconducteur vers un contenant jetable. Certains photocopieurs sont conçus pour s'arrêter automatiquement lorsque le contenant en question est plein. Il faut par conséquent vider le compartiment à résidus avant de remettre le photocopieur en marche.

Dans les machines dépourvues de cette option, les résidus de poudre à imprimer peuvent remplir le contenant et s'accumuler à l'intérieur de la machine. La poussière de poudre à imprimer circule à l'intérieur du photocopieur et est rejetée dans la pièce. Selon le modèle du photocopieur, les agents techniques de la compagnie ou les employés du bureau peuvent vider le compartiment pour résidus de poudre.

Dans de telles situations, il semble préférable de disposer d'un système d'évacuation des résidus de poudre basé sur l'utilisation de contenants scellés. Dans la présente étude, on a constaté que certains employés déversaient les résidus de poudre dans une corbeille à papier d'un bureau adjacent pour qu'ils soient jetés avec les autres rebuts lors de l'entretien normal du bureau. Cette façon de procéder peut faire augmenter inutilement les concentrations en poussière à l'intérieur des petites pièces.

Dans les photocopieurs à poudrage à sec, où il y a recyclage de la poudre, on n'a pas besoin de contenants pour l'évacuation des résidus. Les concentrations en poussière à l'intérieur de ces machines peuvent donc être réduites et il peut être inutile de les munir de systèmes de filtration.

Impuretés du noir de carbone. On a commencé à s'interroger sur la sécurité d'utilisation du noir de carbone lorsqu'un groupe de chercheurs suédois a remarqué que certaines poudres à imprimer utilisées dans les copieurs Xerox produisaient des effets mutagènes

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(modifications génétiques) dans des systèmes d'analyse de bactéries (4). Dans la plupart des autres marques de copieurs, on utilisait le même type de noir de carbone. Ce produit contient un certain nombre d'impuretés, dont un groupe de produits chimiques appelés pyrènes. Dans la fabrication de la poudre à imprimer, on soumet le noir de carbone à un procédé de nitration pendant lequel les pyrènes sont convertis en nitropyrènes qui ont des propriétés mutagènes (5). Après qu'on eut découvert ce problème, les fabricants du noir de carbone en question ont modifié leur méthode de traitement afin de réduire la teneur en nitropyrènes. On fait actuellement appel à un certain nombre de méthodes analytiques pour assurer un bon contrôle de la qualité dans ce domaine (6,7).

Les noirs de carbone fabriqués commercialement doivent répondre à des critères très sévères, et ne doivent pas être confondus avec les suies qui sont formées à partir d'une variété de combustibles pendant leur combustion hors contrôle. Les suies comprennent de très grandes quantités de matières organiques faiblement liées qui renferment des substances chimiques potentiellement carcinogènes. Les noirs de carbone par contre renferment seulement de 0,02, à 0,2 % d'impuretés qui sont fortement liées et qui ne peuvent être extraites que par un traitement de plusieurs heures à l'aide de solvants spéciaux. Seulement une menue fraction de ce faible pourcentage peut former des nitropyrènes. D'après une estimation, les noirs de carbone produits actuellement contiennent au plus 0,15 partie par million (ppm) de nitropyrènes. (Dans la plupart des noirs de carbone produits aujourd'hui, il est impossible de détecter la présence de nitropyrènes.) Etant donné qu'environ 7 % seulement de la poudre à imprimer sèche est constituée de noir de carbone, la concentration maximale de nitropyrènes dans la poudre est de 0,0105 partie par million, et comme la poudre ne constitue que 1 à 3 % du révélateur dans son ensemble, les quantités considérées sont extrêmement faibles.

On a effectué de nombreuses études en vue de déterminer les effets de l'exposition au noir de carbone (8). Ces études portaient sur des expériences concernant l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané chez les animaux. On a également effectué un certain nombre d'études chez des populations de travailleurs. On n'a dans aucun cas observé la production de cancers ou des taux de mortalité anormaux. Compte tenu des résultats de cette vaste étude, des faibles quantités de nitropyrènes

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

présentes, de la faible exposition des utilisateurs de machines à photocopier et du fait que les poudres à imprimer ne produisent plus d'effets mutagènes dans les systèmes d'analyse de bactéries, nous croyons que les inquiétudes relatives aux anomalies à la naissance ou à la production de cancers attribuables au noir de carbone contenu dans les poudres à imprimer ne sont pas justifiées.

Résine polymérique. La composition des résines polymériques à bas point de fusion varie d'un fabricant à l'autre. Elles sont composées entre autres de copolymère de vinyltoluène-butadiène, de copolymère de styrène-alcool allylique et de résines acryliques et polyamides. Habituellement, la chaleur requise pour la fusion de l'image sur la copie finale est juste suffisante pour faire fondre la résine et la production de vapeur à ce stade ne doit pas être importante. Le taux de contamination du polymère par ces composantes monomériques est habituellement inférieur à 0,5 % et les fabricants surveillent étroitement cet aspect. D'après les essais de toxicité des polymères effectués chez des animaux, ces produits sont à toute fin pratique non toxiques par inhalation, contact cutané ou ingestion. Lorsque les copieurs sont utilisés de façon normale, les utilisateurs ne sont pas exposés aux résines polymériques (9, 10).

Niveaux d'exposition admissibles. Dans la plupart des réglementations canadiennes, la poussière de poudre à imprimer est classée parmi les poussières nuisibles. On considère que les poussières nuisibles ont peu d'effets néfastes sur les poumons et qu'ils ne produisent pas de troubles organiques ni d'effets toxiques graves lorsque les niveaux d'exposition restent raisonnables. Un seuil de 10 mg/m^3 de ces poussières dans l'air d'une salle de travail est considéré acceptable.

Mesures recommandées:

1. Acheter une machine munie d'un système de remplacement de la poudre à imprimer basé sur l'utilisation de bouteilles étanches et qui s'arrête automatiquement lorsque le bac à résidus de poudre est plein.

2. Assurer un bon entretien de la machine à photocopier

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

3. Lorsqu'il est évident que de la poussière de poudre à imprimer est rejetée dans l'air à partir de la machine, on peut déduire que de la poudre a été répandue à l'intérieur de la machine ou qu'il est temps de vider le bac pour résidus. Il est possible d'installer des filtres sur les orifices de sortie de l'air de certaines machines.

4. Lorsqu'on fait l'entretien d'une machine, il faut mettre les résidus de poudre à imprimer dans des sacs étanches si on veut que ceux-ci soient ramassés avec les ordures lors de l'entretien normal du bureau. Idéalement, les résidus de poudre à imprimer devraient être recueillis uniquement dans des contenants étanches.

Poudre à imprimer en suspension dans un liquide

Description. Dans le procédé de poudrage par voie humide, le mélange noir de carbone et résine est dispersé dans un solvant liquide. Les dispersants liquides sont habituellement composés de mélanges d'hydrocarbures isoparaffiniques connus sous le nom d'isodécanes. Leur formule chimique générale est $C_{10}H_{22}$, et ils sont vendus sous le nom de commerce "Isopar".

Dangers possibles pour la santé. Du point de vue entretien, les machines à poudrage par voie humide sont plus propres, car le problème des poussières de poudre à imprimer est inexistant dans leur cas. La poudre à imprimer est contenue, sous forme liquide, dans une cartouche pré-emballée qui s'insère d'une manière commode dans la machine à photocopier.

Toutefois, pendant le procédé de photocopie, le dispersant d'isodécanes mouille le papier qu'il faut sécher ensuite à la chaleur ou à l'aide d'un jet d'air ou des deux. Il y a donc évaporation du solvant d'isodécanes (Isopar) dans la salle de travail. En général, les concentrations d'isodécanes produites par les photocopieurs sont bien inférieures au seuil admissible d'exposition de 300 parties d'isodécanes par million de parties (ppm) d'air de la salle de travail recommandé par le fabricant, mais la quantité de solvant peut varier selon la marque du copieur. Certains copieurs sont munis de commandes grâce auxquelles le solvant ne mouille que légèrement le papier, ce qui réduit les concentrations d'isodécanes en suspension dans l'air à des niveaux très faibles.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Les isodécanes, comme de nombreux solvants organiques, peuvent produire étourdissement, maux de tête et nausée lorsqu'ils sont inhalés à des concentrations élevées. Il est peu probable qu'on atteigne, dans l'utilisation normale des photocopieurs, les concentrations d'isodécanes qui produisent de tels effets. Cependant, dans une petite salle mal ventilée, certaines marques de photocopieurs soumis à une forte charge de travail peuvent produire des concentrations très élevées d'Isopar pendant une certaine période.

On a rapporté un cas d'irritation des yeux et de la peau chez des travailleurs utilisant des machines à poudrage par voie humide (11). Malheureusement, le rapport en question ne donne pas les noms des constituants chimiques des poudres à imprimer en cause et la méthode utilisée pour établir un lien entre la poudre et les effets d'irritation est excessivement vague.
L'Association canadienne des fabricants d'équipement de bureau (A.C.F.E.B.) a bien voulu clarifier ce point. Elle précise que l'"Isopar" est un irritant connu et qu'il faut absolument en éviter le contact avec la peau ou les yeux.

Niveaux d'exposition admissibles. Les feuilles de données sur la sécurité des produits dont disposent les fabricants recommandent un seuil admissible d'exposition de 300 ppm pour les isodécanes. Cette valeur est compatible avec les valeurs établies par l'American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) pour les produits chimiques de nature similaire, mais cet organisme n'a pas approuvé un S.A.E. pour les isodécanes.

Mesures recommandées:

1. Les acheteurs éventuels d'une machine à PVH devraient exiger que les compagnies leur fournissent les "données environnementales" pertinentes. Ces données devraient comprendre les concentrations d'isodécanes déterminées à partir de différents modèles de la compagnie en fonction de volumes particuliers de la pièce et du nombre de copies produites par heure ou par jour. Il existe certaines différences surprenantes d'une compagnie à l'autre.

2. Lorsqu'une machine est achetée, le seul moyen dont on dispose consiste à assurer une ventilation adéquate dans la pièce du photocopieur. Il peut être utile d'augmenter le nombre de changements d'air de la pièce

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

par heure (dans les bureaux, on devrait changer l'air environ cinq fois par heure). Au moins un organisme du gouvernement provincial recommande qu'un type particulier de photocopieur soit équipé d'une canalisation permettant de conduire les vapeurs d'isodécanes à l'extérieur de l'édifice.

3. Les résidus de poudre à imprimer en suspension dans un liquide devraient être placés dans un contenant avec un bouchon étanche avant d'être jetés, afin d'empêcher qu'ils se répandent dans les corbeilles à papier ou qu'ils s'évaporent dans la pièce.

Huile de silicone

Description. Après avoir effectué le report de l'image sur le papier, on fait passer ce dernier entre des rouleaux chauffants qui fixent la poudre à imprimer sur la copie. Dans certaines machines, les rouleaux sont enduits d'huile de silicone qui empêche le papier d'y adhérer, et une partie de cette huile peut rester sur la copie finale.

Dangers possibles pour la santé. D'après les données analysées, l'huile de silicone n'est que légèrement toxique par inhalation chez le rat et irrite légèrement les yeux du lapin. D'après les essais effectués sur des lapins, elle provoque aussi une irritation minimale de la peau.

Ozone

Description. L'ozone est un gaz très réactif et instable composé de trois atomes d'oxygène au lieu de deux comme dans la molécule normale d'oxygène. Dans les photocopieurs, il est formé par la réaction entre l'oxygène et les oxydes d'azote en présence du dispositif à effluves. L'ozone se transforme très rapidement en oxygène, particulièrement au contact de l'équipement de bureau (12).

Dangers possibles pour la santé. L'ozone a une odeur âcre à des concentrations de 0,01 à 0,02 partie par million dans l'air. La capacité de l'homme à détecter l'odeur de l'ozone est émoussée par l'exposition (13). A 0,25 ppm, l'ozone peut provoquer l'irritation des yeux et des voies respiratoires supérieures. L'emploi régulier d'un photocopieur peut provoquer l'inhalation à long terme

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

de l'ozone. Les grands fabricants de photocopieurs ont des dispositifs d'essais spéciaux pour évaluer les concentrations d'ozone produites par leurs machines. La compagnie Xerox, par exemple, place ses machines dans une petite pièce mal ventilée (1/2 changement d'air par heure) et évalue le taux de production d'ozone et de décomposition. Selon les scientifiques de la Xerox, on atteint rarement, même dans le cas des machines dont l'entretien est insuffisant, des concentrations supérieures à 0,1 ppm.

Dans des études effectuées sur des animaux, des concentrations d'ozone beaucoup plus élevées et des expositions très longues ont provoqué l'inflammation des tissus pulmonaires et finalement la formation de tissu cicatriciel (14-16). On ne connaît pas les effets à long terme résultant de l'exposition des hommes ou des animaux à des concentrations très faibles d'ozone. Les personnes qui ont déjà eu des troubles respiratoires peuvent éprouver de la difficulté à respirer en présence d'ozone. Aucune donnée ne porte à croire que l'ozone peut provoquer le cancer ou des anomalies à la naissance.

Dans deux des premières études sur les émissions produites par différents types de photocopieurs, on a trouvé qu'en conditions normales d'utilisation dans des salles mal ventilées, les concentrations d'ozone dans l'air s'élevaient rapidement (17, 18). Les émissions d'ozone produites par les machines dont on n'avait pas récemment fait l'entretien étaient plus élevées.

Les machines à photocopieur risquaient davantage de produire des concentrations d'ozone dépassant le niveau admissible lorsque les concentrations d'ozone à l'extérieur étaient particulièrement élevées, comme c'est souvent le cas en été. Les études ne précisaient pas le fabricant, le modèle, l'année de fabrication ni le type de procédé de copie utilisé dans les machines soumises à des essais. Les scientifiques de la Xerox n'ont identifié aucune corrélation entre les concentrations d'ozone à l'extérieur et les problèmes reliés à l'ozone produit par les copieurs. D'après trois études plus récentes effectuées aux Etats-Unis, au Royaume-Uni et en Nouvelle-Zélande, les opérations de photocopie ne produisent que de très faibles concentrations d'ozone (19, 21).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Niveaux d'exposition admissibles. Dans la plupart des réglementations canadiennes, le seuil admissible d'exposition pour l'ozone est de 0,1 ppm pour une journée de travail de huit heures, avec des pointes pouvant atteindre 0,3 ppm sur des intervalles de quinze minutes quatre fois par jour.

Mesures recommandées

1. Les données environnementales obtenues du fabricant doivent contenir des détails relatifs aux quantités d'ozone produites par les différents modèles de copieurs lorsqu'ils sont utilisés dans des conditions précises.

2. Certaines machines sont maintenant équipées de filtres d'hopcalite qui réduisent les concentrations en ozone. On peut aussi placer de tels filtres sur certaines anciennes machines. On peut obtenir du fabricant les renseignements requis.

3. Placer le photocopieur dans un endroit spacieux et bien aéré.

Rayonnements visibles et ultraviolets

Description - Rayonnement ultraviolets. Les machines à photocopier comprennent une lampe fluorescente ou de type halogène qui sert à former sur le tambour photoconducteur une image obtenue par réflexion des rayons sur l'original. Ces lampes émettent des rayons dans la plage du visible et de l'ultraviolet. Dans la plupart des machines, les rayons ultraviolets ne se propagent pas au-delà de la plaque de verre sur laquelle on place l'original.

Dangers pour la santé. L'exposition aux rayons ultraviolets (rayons dont les longueurs d'onde sont dans la plage de 200 à 320 nanomètres (nm) peut provoquer l'inflammation de la cornée et des éruptions cutanées (21). Les opérateurs de machines à photocopier ne sont pas exposés à ces rayons tant que la plaque de verre est en place.

Description - Lumière bleue. La lumière qui traverse la plaque de verre est dans la plage de 350 à 1100 nm. Cette lumière, si elle a une intensité suffisante, peut irriter les yeux ou y produire des

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

lésions. L'exposition prolongée aux rayons de la plage de 400 à 500 nm (lumière bleue) peut provoquer des lésions des cônes rétiniens (récepteurs de la couleur). Les estimations de l'exposition des opérateurs à la lumière bleue sont très faibles et bien inférieures au niveau maximal d'exposition admissible (22).

Description - Rayonnements visibles. Les rayonnements visibles émis par les photocopieurs ne provoquent pas de crise épileptique, mais ils peuvent provoquer un certain malaise des yeux lorsque l'opérateur fixe son regard.

Mesure recommandée. Dans la mesure du possible, toujours fermer le couvercle de la plaque de verre pour effectuer une copie.

Bruit et chaleur

Description. Le bruit et la chaleur produits varient tous deux considérablement en fonction du fabricant et du modèle de la machine à photocopier. Les copieurs qui permettent d'effectuer le classement peuvent être particulièrement bruyants et les copieurs à grande vitesse soumis à une forte charge de travail peuvent produire beaucoup de chaleur.

Dangers pour la santé. Le bruit et la chaleur excessifs sont des sources de fatigue, de distraction et de stress pour les employés. Dans un bureau, il est préférable que les niveaux de bruit soient inférieurs à 45-50 décibels (dBA).

Mesures recommandées

1. Les employeurs devraient accorder une attention particulière à l'emplacement des photocopieurs par rapport aux aires de travail des employés afin de leur éviter tout stress inutile résultant de la chaleur ou du bruit produits par la machine.

2. Une bonne ventilation et la climatisation de l'air permettant de disperser la chaleur produite par la machine.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Nouvelle technologie

L'industrie de la photocopie est très concurrentielle et les innovations passent rapidement du stade de la conception au stade de la commercialisation. Les compagnies accordent beaucoup d'importance à la production, à de très grandes vitesses, de copies de haute qualité. Il vaut la peine de considérer trois nouvelles technologies, du point de vue de leurs effets sur la santé et la sécurité en milieu professionnel.

Technologie laser

Description. Certaines compagnies mettent sur le marché une gamme restreinte d'imprimantes électroniques. Les documents originaux sont lus et reproduits à l'aide d'un faisceau laser. Pour l'instant, cet équipement est utilisé en grande partie par les compagnies d'impression, mais on prévoit que les bureaux, les bibliothèques et les écoles pourront bientôt profiter de cette technologie. La compagnie Xerox, entre autres, fabrique et vend ces machines.

Dangers pour la santé. Les lasers utilisés actuellement dans les copieurs électroniques sont de classe I ou de classe II selon la classification du US Bureau of Radiological Health (23). Les lasers de classe I sont ceux qui, en conditions normales d'utilisation, ne peuvent produire un niveau dangereux de rayonnement optique. Les lasers de classe II n'ont pas une puissance de sortie suffisante pour blesser accidentellement une personne, mais ils peuvent produire des lésions de la rétine lorsque l'opérateur regarde fixement le faisceau pendant une longue période. Les imprimantes à laser qui sont vendues aujourd'hui sont équipées d'une série de dispositifs de sécurité à verrouillage qui empêchent l'exposition de l'opérateur au faisceau laser, même si les lasers utilisés sont classés essentiellement comme non dangereux.

Procédé Landa 3

Description. Le procédé Landa a été développé en Israel. Cette technologie constitue un pefectionnement du procédé à poudrage par voie humide. La compagnie Savin détient les brevets pour le procédé Landa.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Dangers pour la santé. Auparavant, les procédés PVH avaient l'inconvénient de dégager des vapeurs d'isodécanes dans la salle de travail. Apparemment, dans le procédé Landa 3, le papier ne sera que légèrement mouillé par le solvant, de sorte qu'il ne sera pas nécessaire d'appliquer une forte chaleur pour sécher la copie finale. Ce perfectionnement devrait réduire considérablement les émissions d'isodécanes et la chaleur produites par les machines PVH.

Photocopieurs couleurs

Certaines compagnies commencent à mettre sur le marché des photocopieurs qui reproduisent la couleur. Cette option peut entraîner deux changements fondamentaux au niveau des ingrédients utilisés dans le processus de photocopie.

1. De nouveaux colorants seront ajoutés à la poudre à imprimer.

2. Les photoconducteurs seront probablement composés de matériaux organiques, car ceux-ci ont une plus grande plage de photoconductivité que les composés de sélénium ou de cadmium.

A mesure que la technologie de la photocopie couleur évoluera, il faudra évaluer soigneusement les caractéristiques toxiques des nouveaux composés utilisés.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

III CONCLUSIONS

Les personnes qui s'inquiètent des dangers possibles pour la santé résultant de l'utilisation en milieu professsionnel des machines à photocopier devraient exiger du fabricant, avant d'acheter leur machine, qu'il leur fournisse les données environnementales et les feuilles de données sur la sécurité des produits (FDSP).

Une attention particulière doit être accordée aux aspects suivants:

1. Les techniques de remplissage et d'évacuation de la poudre à imprimer dans les machines à poudrage à sec (procédé xérographique). Il faudrait filtrer l'air sortant des orifices de ventilation de la machine.

2. Les concentrations d'isodécanes produites par les machines PVH soumises à des charges de travail déterminées dans des salles de différentes dimensions.

3. Les concentrations d'ozone produites par tous les types de photocopieurs soumis à des charges de travail déterminées dans des pièces de différentes dimensions. Il faudrait étudier la possibilité d'ajouter des filtres pour l'ozone.

4. Les niveaux de chaleur et de bruit.

5. Il faudrait comparer les données concernant l'intensité lumineuse. Les rayons ultraviolets ne doivent pas se propager en dehors de la machine.

On observera des différences considérables pour certains de ces aspects selon le fabricant et le modèle.

A quelques exceptions près, les plaintes manifestées par le public au sujet des photocopieurs semblent porter sur la façon dont ces machines sont disposées dans les édifices, et les employeurs peuvent dans une grande mesure atténuer les craintes des employés relatives à l'exposition au photocopieur en accordant une attention particulière à l'emplacement de la machine par rapport aux postes de travail des employés.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

22 / Photocopieurs

Il est de tout évidence imprudent de placer les machines à photocopier dans des petites pièces mal ventilées, particulièrement lorsque des employés doivent y travailler ou y passer plusieurs heures par jour à utiliser le copieur. Lorsque des employés doivent travailler dans une salle où se trouve un photocopieur, l'aire de travail doit être vaste et bien ventilée. Les copieurs ne doivent pas produire des niveaux élevés de chaleur et de bruit, et ils doivent être placés de façon que l'air sortant des orifices de ventilation ne soit pas dirigé vers les bureaux ou les surfaces de travail.

De leur côté, les grands fabricants de photocopieurs semblent accorder beaucoup d'importance aux questions de sécurité concernant leurs machines et avant qu'un copieur soit mis sur le marché, il doit répondre à un très grand nombre d'exigences en matière de sécurité. Il y a quand même place pour des améliorations de la technologie existante. Par exemple, les machines à poudrage à sec devraient être munies d'un système à bouteilles étanches, de sorte qu'on ne répande pas la poudre lorsqu'on remplit la machine. Il est également souhaitable que les copieurs à poudre sèche soient munis d'un système commandant l'arrêt automatique lorsque le compartiment pour les résidus de poudre est plein.

Certaines marques de machines PVH semblent produire des quantités trop élevées d'isodécanes et, bien que les concentrations soient inférieures au seuil admissible d'exposition, il y a encore beaucoup de place pour l'amélioration.

Les fabricants de photocopieurs sont sensibles aux inquiétudes manifestées par les clients éventuels à propos de la sécurité des machines, et la plupart des compagnies acceptent volontiers de fournir les feuilles de données sur la sécurité des produits et les données environnementales concernant leurs machines. Cependant, certains fabricants négligent peut-être de fournir des renseignements relatifs aux dimensions des pièces, aux besoins de ventilation et à l'emplacement idéal (ergonomie) de leurs machines. Certaines compagnies auxquelles le CCHST s'est adressé affirment ne pas posséder de tels renseignements, alors que d'autres ne les fournissent aux acheteurs éventuels que sur demande expresse.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Les membres des syndicats mentionnent souvent qu'ils n'ont obtenu des renseignements des fabricants qu'à la suite de demandes répétées. Ce problème peut être dû au fait que les travailleurs font souvent part de leurs inquiétudes en premier lieu aux agents techniques. Ces derniers ont généralement reçu une formation portant exclusivement sur l'entretien des photocopieurs et ils ne sont habituellement pas au courant de la nature des produits chimiques qu'ils manipulent ou des autres questions de santé et de sécurité en milieu professionnel reliées aux machines à photocopieur. Les réponses incorrectes ou imprécises données par les agents techniques aux employés peuvent être une cause importante de l'inquiétude du public face aux machines à photocopier.

L'échange d'information libre et rapide des fabricants de photocopieurs aux employeurs et aux employés permettra d'envisager de façon équitable et prudente le choix d'une machine et son emplacement par rapport aux postes de travail des employés. Cet échange d'information de toutes les catégories d'employés des compagnies fabriquant des photocopieurs à tous les types de public qui utilisent ces machines peut contribuer grandement à réduire les craintes du public concernant l'exposition aux photocopieurs et permettre une utilisation de ces machines commodes et précieuses ne présentant pas de danger grave pour la santé.

REMERCIEMENTS

La rédaction du présent rapport a été possible grâce aux discussions que nous avons eues avec un grand nombre de personnes et aux renseignements qu'elles nous ont fournis. Le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail tient à remercier les membres des syndicats, les organismes du gouvernement canadien, les fabricants de photocopieurs et les scientifiques qui se consacrent à la recherche fondamentale pour leur contribution. Nous remercions la compagnie Savin du Canada de nous avoir permis de reproduire et d'utiliser des diagrammes contenus dans son manuel de formation de base. Nous remercions les scientifiques de la compagnie Xerox à Webster (New York) des commentaires qu'ils ont formulés relativement à l'exactitude du présent rapport et d'avoir permis à l'auteur de visiter les installations de production de poudre à imprimer de Xerox. Les commentaires formulés par l'Association canadienne des fabricants d'équipement de

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

bureau ont été grandement appréciés. Les inquiétudes manifestées par les membres de syndicats et les autres utilisateurs de machines à photocopier, sur lesquelles est basé le présent document, ont été inestimables.

L'auteur est particulièrement reconnaissant envers Mlle Stacey Hill qui a fait preuve d'une patience sans limite pour taper de nombreuses fois le présent document.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

GLOSSAIRE

AGENT TECHNIQUE: Agent de service de la compagnie

DECIBEL: Unité de mesure du bruit.

DISPOSITIF A EFFLUVE: Dispositif électrique placé à proximité de la courroie ou du tambour photoconducteur. L'effluve permet d'ajouter ou d'enlever des charges électrostatiques.

ISODECANES: Hydrocarbures paraffiniques utilisés dans les machines à PVH et vendus sous le nom de commerce Isopar.

ISOPAR: Nom de commerce d'un mélange d'hydrocarbures isoparaffiniques connus sous le nom d'isodécanes qui sont utilisés comme dispersants du pigment de noir de carbone dans les machines à poudrage par voie humide.

NITROPYRENES: Impuretés à l'état de traces dans le noir carbone dont les effets sur le matériau génétique contenu dans les bactéries ont été prouvés. Les modifications apportées aux procédés de traitement du noir de carbone ont rendu impossible la détection des nitropyrènes dans le produit sous sa forme actuelle d'utilisation.

NOIR DE CARBONE: Pigment noir contenu dans la poudre à imprimer, dans une proportion d'environ 3 %.

OXYDE DE ZINC: Ancien procédé de photocopie dans lequel on se servait d'un papier revêtu d'une couche d'oxyde de zinc photosensible.

OZONE: Gaz émis en raison de l'activité du dispositif de décharge électrique. Ce gaz comprend trois atomes d'oxygène plutôt que deux, comme dans la molécule normale. Il est très instable et se transforme très rapidement en oxygène.

PHOTOCONDUCTEUR: Mince couche de matière photosensible inorganique (sélénium, cadmium) ou organique (bleu de chlorodiane) qui recouvre le tambour ou la courroie à l'intérieur du copieur. Certaines compagnies utilisent le terme "photorécepteur" qui englobe le composé photosensible et le tambour ou la courroie qui le supporte.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

POUDRAGE PAR VOIE HUMIDE: L'un des deux principaux procédés de photocopie employés aujourd'hui, dans lequel la poudre à imprimer est en suspension dans un liquide.

POUDRE A IMPRIMER: Sèche - Mélange d'une résine plastique à bas point de fusion avec un pigment de noir de carbone (jusqu'à 7 %).
Liquide - Noir de carbone dispersé dans un hydrocarbure isoparaffinique liquide, composé d'isodécanes.

REPORT SUR DIELECTRIQUE: Ancien procédé de photocopie dans lequel on utilisait un type de papier particulier sensible aux charges électrostatiques appelé Electrobond.

RESINE: Résine plastique mélangée au noir de carbone dans les machines à poudrage à sec.

REVELATEUR: Mélange formé par la poudre à imprimer et le véhiculeur dans des proportions respectives de 3 % et de 97 %.

S.A.E.: Seuil admissible d'exposition. Valeur limite d'exposition définie par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Il désigne la concentration moyenne pondérée dans le temps, pour une journée normale de travail de 8 heures et une semaine de travail de 40 heures, à laquelle on estime que la presque totalité des travailleurs peuvent être exposés de façon continue, jour après jour, sans subir d'effets néfastes.

TNF: Trinitrofluorénone - photoconducteur autrefois utilisé par IBM.

VEHICULEUR: Petits grains de verre, silice ou ferrite qui se recyclent à l'intérieur du copieur et sont mélangés à la poudre à imprimer que l'on ajoute.

XEROGRAPHIE: L'un des deux principaux procédés de photocopie employés aujourd'hui dans lequel on se sert d'une poudre à imprimer sèche.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

REFERENCES

(1) The story of xerography. (A special report adapted from the 3rd quarter, interim report to Xerox shareholders). Stanford, Conn. : Xerox Corporation, [1978]

(2) Health hazard evaluation project nos. HETA 81-125 and HETA 81-352. Cincinnati, Ohio : NIOSH, 1981

(3) A functional description and toxicological evaluation of the chlorodiane blue-based photoconductor. Scientific Report. Armonk, N.Y. : IBM Corporation, 1981

(4) Lofroth, G.; Hefner, E.; Afneim, I.; Moller, M. Mutagenic activity in photocopiers. Science. Vol. 209, no. 4460 (1980). p. 1037-1039

(5) Rozenkranz, H.S.; McCoy, E.C.; Sanders, D.R.; Butler M.; Kiriazides, D.K.; Mermelstein, R. Nitropyrenes : isolation, identification and reduction of mutagenic impurities in carbon black and toners. Science. Vol. 209 (1980). p. 1039-1043

(6) Sanders, D.R. Nitropyrenes : isolation of trace mutagenic impurities from the toluene extract of an aftertreated carbon black. In: Cooke, M.; Dennis, A.J. Chemical analysis and biological fate : polynuclear aromatic hydrocarbons. Columbus, Ohio : Battelle, 1981. p. 145-158

(7) Ciammarise, A.T.; Evans, D.L.; Butler, M.A.; Murphy, C.B.; Kiriazides, D.K.; March, D.; Mermelstein, R. Improved methodology for carbon black extraction. In: Cooke, M.; Dennis, A.J. Chemical analysis and biological fate : polynuclear aromatic hydrocarbons. Columbus, Ohio : Battelle, 1981. p. 325-334

(8) Smith, R.G.; Musch, D.C. Occupational exposure to carbon-black : a particulate-sampling study. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 43, no. 12 (1982). p. 925-930

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(9) 62-2000 Copier toner. (A.B. Dick Material Safety Data Sheet). Rexdale, Ont. : A.B. Dick Company Canada, 1975

(10) Electrophotographic toner 825 Series III toner. (IBM Material Safety Data Sheet). Boulder, Col. : IBM Corporation, 1978

(11) Jensen, M.; Roed-Petersen, J. Itching erythema among post office workers caused by a photocopying machine with wet toner. Contact Dermatitis. Vol. 5 (1979). p. 389-391

(12) Sabersky, R.H.; Sinema, D.A.; Shair, F.H. Concentrations, decay rates and removal of ozone and their relation to establishing clean indoor air. Environmental Science and Technology. Vol. 7, no. 4 (April 1973). p. 347-353

(13) Farrell, B.P.; Kerr, H.D.; Kulle, T.J.; Sauder, L.R.; Young, J.L. Adaptation in human subjects to the effects of inhaled ozone after repeated exposure. American Review of Respiratory Diseases. Vol. 19, no. 5 (1979). p. 725-730

(14) Zitnik, L.A.; Schwartz, L.W.; McQuillen, N.K.; Zee, Y.C.; Osebold, J.W. Pulmonary changes induced by low-level ozone : morphological observations. Journal of Environmental Pathology and Toxicology. Vol. 1, no. 4 (March-April 1978). p. 365-376

(15) Mustafa, M.G.; Lee, S.D. Pulmonary biochemical alterations resulting from ozone exposure. Annals of Occupational Hygiene. Vol. 19, no. 1 (1976). p. 17-26

(16) Goldstein, B.D.; Lai, L.Y.; Cuzzi-Spada, R. Potentiation of complement dependent membrane damage by ozone. Archives of Environmental Health. Vol. 28, no. 1 (1974). p. 40-42

(17) Allen, R.J.; Wadden, R.A.; Ross, E.D. Characterization of potential indoor sources of ozone. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 39, no. 6 (June 1978). p. 466-471

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(18) Health Hazard Evaluation, Sperry Univac. (Report no. 76-70-367). Cincinnati, Ohio : NIOSH, 1976

(19) Hughs, D.; McIntosh, B. Ozone and photocopiers. Health and Safety at Work. Dec. (1981). p. 29

(20) Willis, A. Respiratory hazards to plain paper photocopy operators. Occupational Health. (June 1982). p. 25-29

(21) Selway, M.D.; Allen, R.J.; Wadden, R.A. Ozone production from photocopying machine. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 46, no. 1 (1980). p. 455-459

(22) Lehman, R.; Edmunds, H.D. A procedure for evaluation of non-ionizing photocopier emissions. In: Non-ionizing radiation : proceedings of ACGIH Topical Symposium, 11/26-28/79. p. 223-232

(23) Largent, E.J.; Olishifski, J.B. Non-ionizing radiation. In: Olishifski, J.B. Fundamentals of industrial hygiene. 2nd ed. Chicago, Ill. : National Safety Council, 1979. p. 351

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

POOR

QUALITY

ORIGINAL